

Wenn's untragbar wird ...

Hebe- und Injektionstechniken für abgesackte Betonplatten und instabile Fundamente. Vor Jahrzehnten wurde erstmals in Finnland ein Hebeteknik-Verfahren entwickelt und angewandt, das mittlerweile zu vielfältigen Lösungen weiterentwickelt worden ist. In Verbindung damit kann Tiefeninjektion durch nachträgliches Verdichten des Untergrundes Fundamente stabilisieren.

Abgesackte, gerissene Fußböden und instabile Fundamente, die einerseits ihre Funktion nicht mehr 100%ig erfüllen und damit andererseits in angrenzenden Bauteilen oder in sich selbst zu Rissen führen können – ein großes Problem für gewerblich, öffentlich und privat genutzte Bauten.

Geeignete Lösungsmöglichkeiten müssen das Problem beseitigen und die Funktion von Böden und Fundamenten wiederherstellen – ohne große Eingriffe in die vorhandene Bausubstanz und bestehende Betriebsabläufe.

Vor Jahrzehnten wurde erstmals eine Methode entwickelt und angewandt, um instabile oder abgesackte, zumeist gerissene Betonböden mittels Injektionstechnik anzuheben und instand zu setzen. Dieses Verfahren hat sich allmählich zu einer vielseitigen Lösung entwickelt, die auch bei der Stabilisierung von Fundamenten durch nachträgliche Verdichtung des Untergrundes angewandt wird.

Mit der Weiterentwicklung der Injektionstechnik von der Bodenboden-Hebeteknik zur Tiefeninjektionsmethode wuchs auch das Problemlö-

sungspotenzial für die einzelnen Einsatzgebiete.

Betonboden-Hebeteknik

Abgesackte oder instabile Betonböden beeinträchtigen in der Regel die betrieblichen Abläufe. Dies kann bei Hochregallagern und Produktionshallen bereits bei Senkungen oder Bewegungen im Millimeterbereich der Fall sein. Richtige Schritte zur Sanierung müssen erstens eine sichere Lösung bieten und zweitens wirtschaftlich sein.

An diesen Punkten setzt die Betonboden-Hebeteknik (Floorlift-Verfahren) an (Abb. 1). Das Verfahren wurde 1980 in Finnland entwickelt, um Fußbodensenkungen zuverlässig beheben zu können.

Aufgrund der Erfolge des Verfahrens wurden Lizenzen in verschiedene Länder Europas und in die USA vergeben, seit 1992 auch nach Deutschland.

Die Anwendungsmöglichkeiten umfassen:

- das Auffüllen von Hohlräumen unter erdgründeten Betonböden
- das Stabilisieren von Untergründen und das Anheben von abgesackten Betonfußböden
- das Stabilisieren von Fugen

Das Verfahrenskonzept: Stabilisieren + Anheben

Die Betonboden-Hebeteknik deckt ein Leistungsspektrum ab, das von der Stabilisierung durch Ausfüllen von Hohlräu-

men unter Betonplatten über die gezielte Anhebung einzelner Bereiche bis hin zum Anheben ganzer Baukörper reicht. Weltweit bisher einmalig, werden dabei mit einem stark expandierenden Zweikomponenten-Spezialharz instabile oder abgesackte Betriebsböden instand gesetzt. Dabei geht die Betonboden-Hebeteknik in einem Dreier-Schritt vor (Abb. 2 bis 4).

Bohrlöcher setzen

In Betonböden werden entsprechend eines vorher durch Niveaumessungen und Aufgabenstellung festgelegten Schemas Löcher mit einem Durchmesser von 12 mm gebohrt (im Durchschnitt alle 3 bis 4 m² ein Loch). In diese Bohrlöcher wird ein Injektionsrohr eingesetzt.

2-k Harz injizieren

Speziell entwickelte Injektionspistolen werden an die eingesetzten Injektionsrohre angeschlossen und anschließend das Zweikomponenten-Expansionsharzsystem injiziert. Beide Flüssigkeiten werden in der Injektionspistole vermischt und unter kontrolliertem Druck (8 bar) direkt unter die Betonplatte gepresst, wo sie sich in einem Radius von 2-3 m um die Injektionsstelle herum ausbreiten können. Kurze Zeit nach der Vermischung reagieren die zwei Komponenten miteinander.

Auffüllen und Verdichten

Durch diese Reaktion entfaltet das Harzsystem seine kontrollierte Expansionswirkung. Hohlräume werden aufgefüllt und der Untergrund verdichtet. Durch dosierte Injektionen und die frei werdende Expansionskraft (bis zu 5000 kPa = 50 bar) werden beispielsweise abgesackte Fußböden millime-

Abb. 1: Prinzip der Betonboden-Hebeteknik



Abb.: Uretek

Autoren

Alwin ter Huurne
Uretek Deutschland GmbH
Eppingen
Dipl.-Ing. (FH)
Jürgen Gänßmantel
Schömburg

www.bautenschutz-bausanierung.de
Das B+B Abo-Archiv:

Schlagworte: Außenfläche, Riss-Sanierung, Bodenfläche, Vergelung.

tergenau angehoben. Die permanente Überwachung durch Nivellierlaser ermöglicht punktgenaue Anhebungen in engen Toleranzen. Schon kurze Zeit später ist das Harz ausgehärtet und der Boden kann wieder uneingeschränkt genutzt werden.

Tiefeninjektionstechnik stabilisiert Fundamente

Setzungsschäden an Gebäuden sind häufiger verbreitet, als man annimmt. Die Methoden zur Sanierung haben bisher alle den Nachteil, dass erhebliche Eingriffe in die Gebäudesubstanz erforderlich werden, nicht selten bis zum Rückbau des untersten Geschosses in den Rohbauzustand.

Die Ursache für Setzungsschäden liegt oft nicht in der Konstruktion des Fundaments, sondern muss eher im Untergrund gesucht werden, auf dem das Fundament ruht. Zur dauerhaften Lösung gibt es im Prinzip nur eine geeignete Maßnahme: Der Baugrund unter der Konstruktion muss verdichtet und verstärkt werden.

Aus den Floorlift-Erfahrungen bei der Anhebung abgesackter Betonböden entstand eine spezielle Tiefeninjektionstechnik, die inzwischen auch andere bautechnische Probleme adäquat lösen kann – so etwa die Ursachen für Rissbildungen an Wänden, die ein nicht ausreichend tragfähiger Untergrund verursacht. Im Idealfall müssen daraufhin nur noch kleine Schönheitsreparaturen auf der Wand durchgeführt werden.

Die vor über zehn Jahren entwickelte Tiefeninjektionsmethode verdichtet und verstärkt den Baugrund unter dem Fundament mittels eines zweikomponentigen Expansionsharzsystems, erhöht damit die Tragfähigkeit der Erdschichten und sichert so die auf diesem Fundament ruhende Konstruktion (Abb. 5).

Sorgfältige Untergrundanalyse als Voraussetzung

Durch dieses Verfahren soll die

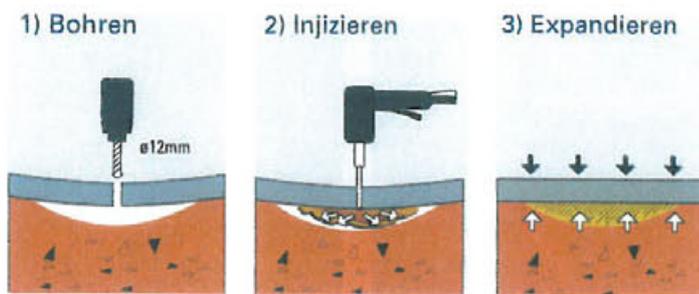


Abb. 2–4: Das Drei-Schritt-Prinzip: Bohrung – Injektion – Expansion



Abb. 5: Die Tiefeninjektionsmethode

Tragkraft des Fundamentuntergrundes so erhöht werden, dass jeder beliebige Punkt des behandelten Untergrundes ein beträchtlich höheres Tragvermögen hat als die statische Belastung durch das Gebäude.

Neben einem guten Einblick in die Fundamentkonstruktion sind daher auch Informationen über die Art und Zusammensetzung des Untergrundes wichtig, um einen Sanierungsplan zu entwickeln. Bodenuntersuchungen sind oftmals unerlässliche Voraussetzung für die Annahme eines Stabilisierungsauftrages.

Der Erfolg der Tiefeninjektionsmethode hängt somit sehr eng mit der Art und der Zusammensetzung des betreffenden Bodens zusammen. In manchen Fällen unterliegt diese Technik daher gewissen Beschränkungen. So werden etwa Moor- und Torfschichten über 50 cm mit einem hohen Anteil an organischen Bestandteilen wegen der zu erwartenden schlechten Ergebnisse nicht behandelt.

Mit den derzeitigen Injektionstechniken können grundsätzlich Tiefen bis zu 6 m erreicht werden. Liegen die Problemzonen tiefer, muss nach

einer anderen Lösung gesucht werden.

Vor- und Hauptarbeit an der Injektionsbaustelle

Die Beanspruchung des Bodens unter Fundamenten nimmt mit zunehmender Tiefe stufenweise ab. Ziel muss es also sein, durch präzises Injizieren des stark expandierenden Spezialharzes in die am stärksten belasteten Schichten eine starke Verdichtung genau dieser Schichten zu erreichen.

Dadurch wird deren Tragkraft vergrößert. Für diese Tiefeninjektion kommt das vorgenannte Drei-Schritt-Prinzip für Betonböden auch hier zum Einsatz.

Abhängig von den Ergebnissen einer Bodenuntersuchung wird zunächst ein Injektionsplan aufgestellt. Für die erste Injektionsrunde werden Löcher mit einem Durchmesser von 14 mm jeweils in einem Abstand von 1 m schräg durch die Fundamentsohle gebohrt (Abb. 6).

In diese Bohrlöcher werden die Injektionslanzen \varnothing 12–16 mm eingeführt. Die erste Injektionsrunde beginnt in der Regel direkt unter der Fundamentsohle. Danach werden meistens zwei Injektionsschichten im Untergrund angelegt.

Das Zweikomponenten-Harzsystem wird zielgerichtet in die am stärksten belasteten Schichten injiziert. In kurzer Zeit entsteht aus den zwangsgemischten Komponenten im Baugrund ein stark expandierendes Harz.

Ausgelöste Expansionskräfte heben Boden

Die auftretenden Expansions-

kräfte üben zu diesem Zeitpunkt einen vielfach höheren Druck aus als die statische Gebäudelast und die Last des gesamten, über dem Umkreis der Injektionsstelle vorhandenen Bodens. Der Widerstand des Untergrundes nahe dem Injektionspunkt wirkt dem Druck aller darüberliegenden Lasten entgegen.

Sobald der Untergrund also in seitlicher und in Abwärtsrichtung einen ausreichend großen Widerstand entwickelt hat, ist nur noch eine Ausweichbewegung nach oben möglich. Diese wird von Präzisionslaserempfängern am Baukörper registriert.

Eine kleine Bewegung der aufliegenden Baukonstruktion bedeutet eine ausreichende Zunahme der Tragkraft des Untergrundes. Durch diese Arbeitsweise ergibt sich praktisch keine Störung des Betriebes oder Beeinträchtigung der Wohnbarkeit.

Ein Lkw mit allen Werkzeugen, 50 m langen Injektions-schläuchen, den Harz-Komponenten sowie Injektionspumpen bildet übrigens die komplette Baustelleneinrichtung (Abb. 7).

Praxisbeispiel Produktionshalle: Hohlraumverfüllung und Bodenhebung

In der Fabrikationshalle eines Herstellers von Margarine hatten sich unter dem unterschiedlich starken Betonfußboden (10–20 cm Dicke) auf einer Fläche von ca. 1300 m² Hohlräume gebildet.

Das zur Diagnose und Sanierungsplanung eingeschaltete Grundbaulabor stellte fest, dass Leckstellen an geborstenen Grundleitungen sowie eine Austrocknung mit einhergehendem Verrottungsprozess von Torfeinlagerungen im Untergrund die wahrscheinlichsten Ursachen waren.

Kernbohrungen ergaben Hohlräume direkt unterhalb des Betonbodens von stellenweise bis zu 100 mm Höhe. Dadurch war der Hallenboden in einigen Bereichen abgesun-



Abb. 6: Injektion nach Untergrundanalyse



Abb. 7: Der Lkw transportiert die komplette Baustelleneinrichtung



Abb. 8: Bodenwiederherstellung bei laufendem Betrieb der Margarineproduktion



Abb. 9: Fugen und Betonstrecke wieder befahrbar gemacht bei laufendem Autobahnverkehr

ken, zum Teil sogar zwischen Maschinen.

Durch flächige Injizierung eines Zweikomponenten-Polyuretan-Expansionsharzes wurden die Hohlräume direkt unter dem Betonboden aufgefüllt. Dabei wurde gleichzeitig der Untergrund in seiner Tragfähigkeit verstärkt und die abgesunkenen Bereiche wieder angehoben. Der laufende Produktionsbetrieb wurde durch diese Maßnahmen weder gestört noch beeinträchtigt (Abb. 8).

Praxisbeispiel Autobahn: Fahrbahnanhebung und Fugenstabilisierung

Auf der Bundesautobahn A7 im Bereich der Abfahrt Seesen war in Richtung Göttingen die Betonfahrbahn infolge der Beanspruchungen durch die Witterung und den Verkehr stark geschädigt.

Durch die Fugen zwischen dem Betonplatten war Wasser eingedrungen und durch die darüberfahrenden Lkws wurde dadurch so viel Druck aufgebaut, dass die Feinanteile der hydraulisch gebundenen Tragschicht mit der Zeit ausgespült und dadurch einige Platten abgesenkt wurden.

Der Ersatz der geschädigten Platten durch neuen Beton hätte eine Komplettspernung der betroffenen Fahrbahn und damit erhebliche Verkehrsprobleme verursacht. Daher wurden die gerissenen, abgesackten Betonplatten bis zu 2,5 cm mittels der Flächeninjektionstechnik angehoben.

Eine Überprüfung der Sanierungsarbeiten ergab, dass das Zweikomponenten-Expansionsharz durchgängig in das Fahrbahnsystem eingedrungen war und die Hohlräume unter den Platten vollständig verfüllt hatte. Damit lagen die abgesackten Platten nun wieder fest und auf dem gleichen Niveau wie die angrenzenden Fahrbahnplatten (Abb. 9).

Die Verfahrensmerkmale

Betonboden-Hebetechnik und Tiefeninjektion sind nach Hersteller als Problemlösungen konzipiert worden, die Betriebsablauf und Kundenverkehr kaum beeinträchtigen sollen. Daher können sie eine Alternative zu traditionellen Instandsetzungsmethoden sein.

Belästigungsfaktor: Es werden kaum Verschmutzungen und nur geringe Lärmemissionen verursacht. Eine Räumung ist in vielen Fällen nicht notwendig oder bleibt auf ein Minimum beschränkt. Praktisch ohne sichtbare Spuren zu hinterlassen wird gearbeitet.

Ergebniszeit: Es gibt keine langen Aushärtungszeiten des Spezialharzes. Ein angehobener Betonboden ist schon nach 15 Minuten wieder vollständig belastbar. Die Expansionsharze üben auf die zu stabilisierenden oder anzuhebenden Objekte einen aufwärts gerichteten Druck aus. Das Ergebnis ist mittels Laserkontrolle sichtbar.

Genauigkeit: Die schnelle Reaktion der zwei Kunstharz-Komponenten ermöglicht eine exakte Steuerung des Verfahrens. Toleranzen von weniger als +/- 5 mm pro Meter bei Betonböden, Straßenbelägen, Betonbauteilen sind erreichbar.

Eigengewicht: Die Rohdichte des ausgehärteten Expansionsharzes beträgt um 50–120 kg/m³. Somit wird der Untergrund kaum zusätzlich belastet, die Möglichkeit auftretender Sekundärsetzungen ist daher sehr gering.

Umweltverträglichkeit: Die verwendeten Kunstharze sind FCKW-frei. Die Anwendung führt nach Untersuchungen von Hygieneinstituten zu keiner Verschmutzung von Boden oder Grundwasser.

Witterungsunabhängigkeit: Die Verarbeitungstemperatur reicht von -20 bis +50°C. Wenn sinnvoll oder notwendig, wird nachts und am Wochenende gearbeitet.

Produktivität: Pro Tag lassen sich Oberflächen von 400 m² Boden behandeln oder 150 lfd. m Dilatationsfugen oder 8 bis 12 lfd. m Fundamente stabilisieren.

Stabilität: Die Volumverringerng der verwendeten Kunstharze ist minimal und beträgt weniger als 1% über einen Zeitraum von zehn Jahren.

Fundamentstatik: Die gleichmäßig verteilte Belastung erdgründeter Fundamente wird wiederhergestellt. Die Elastizitätsmoduli von Injektionsharz und Untergrund sind ähnlich.

Praxisbeispiel Einfamilienhaus: Anhebung und Nivellierung

Ein 2,5-geschossiges Wohnhaus hatte sich seit Beginn der Bauarbeiten bis zum Zeitpunkt des Einzugs um 8 cm geneigt. Fünf Jahre später war das Haus einseitig bereits 28 cm abgesunken. Das daraufhin erstellte geologische Gutachten ergab,

dass man erst in 15 m Tiefe auf tragfähigen Untergrund stoßen konnte. Zur Nivellierung des etwa 400 t schweren Gebäudes konnte die Tiefeninjektionstechnik angewandt werden.

Der Keller des Wohnhauses war massiv in wasserdichtem Stahlbeton erstellt worden, sodass sich ein »steifer Kasten« ergab, auf dem die Obergeschosse ruhten. Damit waren die konstruktiven Voraussetzungen für den Einsatz der Injektionshebetechnik erfüllt (Abb. 10). Dazu wurde in zwei Phasen gearbeitet:

- Gebäude anheben mit der Tiefeninjektionstechnik und Beseitigung der Schiefstellung
- bleibende Lagestabilisierung über spezielle Tiefenpfähle durch ein nachfolgendes Spezialtiefbauunternehmen

Praxisbeispiel Schlossgebäude: Fundamentstabilisierung

An einem denkmalgeschützten Schlossgebäude waren seit 1998 beträchtliche Riss-Schäden aufgetreten. An einem weiteren Gebäude der Hofanlage wurden Verformungen beobachtet.

Die betroffenen Bauwerke wurden auf Streifenfundamenten aus vermörtelten Felssteinen errichtet. Die folgenden Gebäudeschäden sollten behoben werden:

- Sackung einer nicht unterkellerten Gebäudeecke der Tierarztpraxis mit Rissbildung an den Außenwänden sowie im Gebäudeinneren durch Ziehen der Deckenkonstruktion



Abb. 10: Fassade des angehoben und nivellierten Wohnhauses



Abb. 11: Anheben der Ecke vom Schlossgebäude – Positionsmessgerät zum Erfassen des Injektionsfortschrittes

- auf 13,5 m Länge
- Sackung einer unterkellerten Gebäudeecke des Schlosses mit Rissbildung in den Außenwänden bis zu den Obergeschossen und sichtbarem Abriss an der Sockelblende auf 7 m Länge
- Sackung eines nicht unterkellerten Treppenhaus-Anbaus des Schlosses mit Abriss vom Hauptgebäude und Drehbe-

- wegung nach Norden mit 25,5 lfd. m Fundamente
 - Sackung eines Eingangsportals, das auf vier Säulen ruht, vom Anbau weg auf 6 m Länge
- Um Sicherheit über die Schadensursache zu gewinnen, wurde ein Baugrundinstitut beauftragt, die geologischen und untergrundmechanischen Gegebenheiten vor Ort zu un-

tersuchen. Unter den verschiedenen in Betracht gezogenen Auslösern deuteten die meisten Indizien auf eine Schrumpfung durch Wasserentzug der vorliegenden Tonböden hin.

Zielvorgabe des Auftraggebers zur Fundamentstabilisierung war es, mit Hilfe eines geeigneten Verfahrens unter den vorliegenden Randbedingungen den durchgehenden Kraftschluss zwischen Fundamentsohle und -untergrund wiederherzustellen.

So sollte die Tragfähigkeit des Untergrundes bis 2 m unter den Gründungshorizont verstärkt werden. An den geeigneten Stellen sollte zusätzlich eine bauwerksverträgliche Anhebung der Fundamente erreicht werden. Zunächst wurde die südwestliche Gebäudeecke der Tierarztpraxis in drei Injektionsebenen bis 3,2 m unter GOK injiziert und Bauteilhebungen an der Gebäudeecke

bis 15 mm realisiert (Abb. 11). Danach folgte die Anhebung einer Außentreppe neben dem unterkellerten Bereich auf der Nordseite. Diese Treppe war zuvor deutlich vom Haus abgerissen und Richtung freie Seite gesackt. Der Fortschritt der Injektionsarbeiten wurde mittels Positionsmessgerät überwacht.

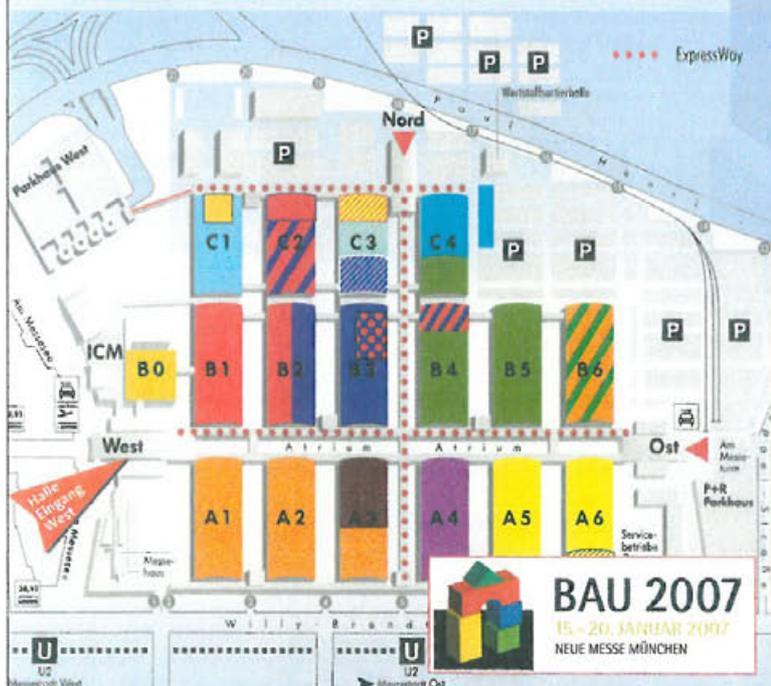
Die Stahlbetonkonstruktion konnte allein mit Tiefeninjektionen in zwei Ebenen wieder um 15 mm angehoben werden, so dass alle Risse wieder geschlossen waren. Im Anschluss daran wurden die Tiefeninjektionsarbeiten in drei Ebenen an dem mehr als 100 Jahre alten Schlossanbau durchgeführt.

Der Baugrund wurde hier bis 3,5 m unter GOK und der relativ oberflächennah liegenden Fundamentsohle verstärkt. Hier konnten Bauteilhebungen bis 5 mm realisiert werden. ■

Fachwissen auf der BAU

Herzlich Willkommen auf der BAU 2007.

Besuchen Sie uns auf Stand 2 in der Halle Eingang West!



Hier finden Sie aktuelle Neuerscheinungen und unser komplettes Verlagsprogramm. Informieren Sie sich über die neuesten Techniken, Verfahren und Normen. Bei uns erhalten Sie praxisorientierte Fachinformationen mit hohem Anwendernutzen.

Wir freuen uns auf Ihren Besuch und beraten Sie gern.

Informieren und Nachlesen:

- Fachzeitschriften
- Fachbücher

Recherchieren und fachgerechtes Arbeiten:

- CD-ROMs und DVDs
- Loseblattwerke und Periodika

Suchen und Abrufen:

- Fachinformationen im Internet

BAU 2007
15.-20. JANUAR 2007
NEUE MESSE MÜNCHEN

DAMIT SIE BESCHIED WISSEN
Rudolf Müller